

УДК 591.111.05 : 576 : 895.122 : 594.38

**ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДА ЖЕЛЕЗА (III)
НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАТУШКИ
PLANORBARIUS CORNEUS (MOLLUSCA: GASTROPODA: BULINIDAE)
В НОРМЕ И ПРИ ИНВАЗИИ ПАРТЕНИТАМИ ТРЕМАТОД**

© А. П. Стадниченко, Л. Д. Иваненко, Г. Е. Киричук, Л. Н. Янович

Исследовано воздействие трех концентраций (100, 200, 300 мг/л) хлорида железа на кислотно-щелочной баланс гемолимфы и содержание в ней гемоглобина у катушки роговой *Planorbarius corneus* в норме и при инвазии партенитами и личинками *Echinoparyphium aconiatum*.

В контрольной среде активная реакция гемолимфы катушек слабокислая ($pH = 5.5—5.8$) у всех животных, как свободных от инвазии, так и инвазированных партенитами трематод. Отсутствие отличий обусловлено невысокой интенсивностью инвазии.

При 100—300 мг/л токсиканта в среде у всех животных зарегистрировано подкисление гемолимфы, что свидетельствует о нарушении кислотно-щелочного баланса гемолимфы и развитии некомпенсированного ацидоза.

Статистически достоверные отличия в содержании гемоглобина в гемолимфе у незараженных и зараженных трематодами катушек в контрольной среде отсутствуют по причине невысокой интенсивности инвазии. В затравленной среде изменения в значениях обсуждаемого гематологического показателя не зарегистрированы, что показывает слабую токсичность иона железа для катушек и отсутствие у них защитно-компенсаторных механизмов.

На пороге третьего тысячелетия к наиболее распространенным поллютантам водной среды относятся ионы тяжелых металлов. Источником этого вида загрязнения являются как промышленные предприятия (шахтно-рудные, сталеплавильные и др.), так и автотранспорт. Ионы тяжелых металлов особенно опасны потому, что, во-первых, долго сохраняются в водной среде, во-вторых, накапливаются в организме гидробионтов и, в-третьих, оказывают разрушающее действие на организмы. Последнее обусловлено механизмом их действия на животных. В клетках тела последних ионы тяжелых металлов образуют комплексные соединения с ферментами, которые участвуют в реакциях окисления и восстановления (Бойченко, 1968), что определяет всю энергетику каждой особи. Ионы разных тяжелых металлов неодинаково токсичны для гидробионтов. Есть среди них высокотоксичные (Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) и менее токсичные. К последним относится железо. Содержание его соединений (ПДК) в природных водах (в перерасчете на Fe^{3+}) не должно превышать 0.5 мг/л. Пороговая концентрация их для рыб и других водных животных составляет 1—50 мг/л (Liebmann, 1960). Как влияют разные концентрации Fe^{3+} на гематологические показатели катушки роговой в норме и при инвазии трематодами, ранее не изучалось.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материал: 224 экз. катушек роговых *Planorbarius corneus* (Lamarck, 1758), собранных в июне 1999 г. в р. Тетерев (в пределах Житомира). Общие сведения о материале исследования приведены в табл. 1. С места сбора в лабораторию материал перевозили в полиэтиленовых пакетах (открытых и без воды).

Таблица 1
Общие сведения о материале исследования
Table 1. General data on material examined

| Показатели | N | Инвазия | Lim | $\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$ |
|------------------------|----|---------|-----------------|---------------------------|
| Контроль | | | | |
| Диаметр раковины, мм | 39 | Нет | 19.6—31 | 25.6 ± 0.387 |
| | 11 | Есть | 24.3—30.9 | 26.5 ± 0.594 |
| Общая масса тела, мг | 39 | Нет | 1900—5740 | 3517 ± 81.4 |
| | 11 | Есть | 2800—5320 | 3753 ± 218.43 |
| Масса мягкого тела, мг | 39 | Нет | 680—2050 | 1276 ± 43.93 |
| | 11 | Есть | 1060—1720 | 1478 ± 100.04 |
| Объем гемолимфы, мл | 39 | Нет | 0.1—0.98 | 0.45 ± 0.036 |
| | 11 | Есть | 0.17—0.7 | 0.43 ± 0.051 |
| 100 мг/л | | | | |
| Диаметр раковины, мм | 35 | Нет | 22.2 ± 31.7 | 26.5 ± 0.4 |
| | 12 | Есть | 23.7 ± 29.7 | 26.9 ± 0.637 |
| Общая масса тела, мг | 35 | Нет | 2020—5830 | 3698 ± 160.74 |
| | 12 | Есть | 2720—5700 | 3773 ± 244.28 |
| Масса мягкого тела, мг | 35 | Нет | 750—1990 | 1282 ± 77.54 |
| | 12 | Есть | 1070—1870 | 1385 ± 80.38 |
| Объем гемолимфы, мл | 35 | Нет | 0.13—0.92 | 0.41 ± 0.033 |
| | 12 | Есть | 0.13—0.8 | 0.38 ± 0.06 |
| 200 мг/л | | | | |
| Диаметр раковины, мм | 49 | Нет | 22.6—31.8 | 27.8 ± 0.28 |
| | 14 | Есть | 23.6—31.2 | 27.8 ± 0.736 |
| Общая масса тела, мг | 49 | Нет | 2870—5790 | 3902 ± 95.11 |
| | 14 | Есть | 2950—4680 | 3940 ± 202.50 |
| Масса мягкого тела, мг | 49 | Нет | 950—2010 | 1387 ± 37.35 |
| | 14 | Есть | 800—1650 | 1297 ± 80.41 |
| Объем гемолимфы, мл | 49 | Нет | 0.19—1.02 | 0.45 ± 0.023 |
| | 14 | Есть | 0.24—0.74 | 0.47 ± 0.044 |
| 300 мг/л | | | | |
| Диаметр раковины, мм | 50 | Нет | 21.5—30.1 | 26.6 ± 0.269 |
| | 14 | Есть | 24.9—29.2 | 27.1 ± 0.174 |
| Общая масса тела, мг | 50 | Нет | 2000—4800 | 3680 ± 80.46 |
| | 14 | Есть | 3200—4750 | 3720 ± 135.62 |
| Масса мягкого тела, мг | 50 | Нет | 980—1950 | 1338 ± 39.87 |
| | 14 | Есть | 1100—1600 | 1390 ± 49.92 |
| Объем гемолимфы, мл | 50 | Нет | 0.15—1 | 0.50 ± 0.023 |
| | 14 | Есть | 0.36—0.82 | 0.55 ± 0.055 |

Токсикологические опыты (ориентировочный и основной) поставлены по методике Алексеева (1981). Ориентировочным опытом установлено значение основных токсикологических показателей: МПК (LC_0) = 100 и ЛК₁₀₀ (LC_{100}) = 10 000 мг/л. Значение ЛК₁₀₀ свидетельствует о том, что использованный нами токсикант ($FeCl_3$) для катушки роговой слабо токсичен. По Прозоровскому (Прозоровский, 1960) графическим способом определено значение ЛК₅₀ (LC_{50}) = 625 мг/л. В пределах МПК—ЛК₅₀ избраны три концентрации для основного опыта — 100, 200, 300 мг/л $FeCl_3$. Все токсические среды готовили на дехлорированной отстаиванием (1 сут) водопроводной воде. Продолжительность опыта 2 сут. Через каждые сутки использованные растворы заменяли свежеприготовленными.

Общую массу и массу мягкого тела определяли взвешиванием на технических весах, предварительно обсушив животных фильтровальной бумагой. Диаметр раковины измеряли штангенциркулем с точностью до 0.1 мм. Гемолимфу получали методом прямого обескровливания. Ее объем измеряли, используя диабетический шприц. Содержание гемоглобина в плазме гемолимфы устанавливали солянокисло-гематиновым методом по Сали в нашей модификации (Стадниченко и др., 1980). Сведения об обеспеченности им катушек находили расчетным методом.

Паразитологическое обследование моллюсков производили путем изготовления из тканей гепатопанкреаса временных гистологических препаратов, которые изучали на микроскопе МБИ-3 (увеличение 7×8). Определение трематод осуществляли на живом материале. Моллюски инвазированы партенитами и личинками *Echinoparyphium aconiatum* (Dietz).

Цифровые результаты опытов обработаны методами вариационной статистики по Лакину (1973).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Хлорид железа (III) в организм катушек поступает диффузно, через покровы тела. Для Fe^{3+} характерна материальная кумуляция. Это яд локального действия, патогенный эффект которого проявляется прежде всего в околощупальцевых участках и в легочной полости, в меньшей степени — в других участках тела. Под влиянием растворов концентрацией 200—300 мг/л у катушек наблюдается ослизнение тела. Белки слизи коагулируют, образуя густую массу альбуминатов, которая выстилает полость легких, препятствуя нормальному газообмену в них. В местах, где крупные комочки альбуминатов отделяются от кожи, покровный эпителий разрушается и образуются язвы, самые крупные из которых кровоточат. Эти местные проявления отравления сопровождаются развитием общего патологического процесса, который, однако, не отличается особенной яркостью при использовании вышеуказанного токсиканта, что иллюстрируют нижеприведенные сведения.

В контрольной среде активная реакция гемолимфы катушек была слабокислой ($pH = 5.5—5.8$) у всех подопытных животных — как свободных от инвазии, так и инвазированных партенитами трематод. Отсутствие отличий между ними по этому показателю обусловлено, на наш взгляд, прежде всего невысокой интенсивностью инвазии животных этой группы. У них имело место незначительное поражение гепатопанкреаса трематодами (1—3 паразитарных очага площадью $0.5 \times 1—1.2$ мм). При таком слабом поражении паразитами гостального биотопа существенные сдвиги биохимического и функционального плана у катушек отсутствуют.

При 100—300 мг/л токсиканта в среде у всех подопытных животных наблюдается подкисление гемолимфы, которое происходит в одинаковой степени как у незараженных, так и у зараженных трематодами особей, достигая приблизительно одинаковых абсолютных значений (3.9—4 у первых из них, 3.9—4.1 — у вторых). Таким образом, под влиянием этого токсиканта происходит нарушение кислотно-щелочного баланса гемолимфы катушек, что сопровождается развитием у них некомпенсированного ацидоза. Нарушение кислотно-щелочного равновесия является последствием разбалансировки механизмов регуляции, что обусловлено блокированием ферментативной активности ионами Fe^{3+} . Накапливание в гемолимфе продуктов кислой природы обусловлено их избыточным образованием в организме моллюсков в ходе обменных процессов (Виноградов и др., 1979). Углекислый газ, который выделяется в результате метаболических реакций, поступает во внутреннюю среду их организма, в том числе и в гемолимфу, где под влиянием карбоангидразы превращается в карбоновую кислоту. Закисление внутренней среды приводит к избытку в ней кислых продуктов обмена веществ, и в первую очередь угольной кислоты. Ацидоз, как известно (Журавель и др., 1968), опасен тем, что при нем снижается нервно-мышечная возбудимость и нарушается водно-солевой баланс (уменьшается содержание натрия, калия и кальция в организме).

Таблица 2

Влияние хлорида железа на физико-химические свойства гемолимфы *Planorbarius corneus* в норме и при инвазии трематодами

Table 2. The influence of ferric chloride on physical and chemical properties of *Planorbarius corneus* haemolymph in normal conditions and under the trematode infection

| Показатели | N | Инвазия | lim | $\bar{x} \pm m_x$ | σ | V |
|--|----|---------|------------|-------------------|----------|-------|
| Контроль | | | | | | |
| рН гемолимфы | 39 | Нет | 4—7 | 5.8 ± 0.113 | 0.71 | 12.24 |
| | 11 | Есть | 3.5—6.8 | 5.5 ± 0.248 | 0.821 | 14.93 |
| Содержание гемоглобина, г% | 39 | Нет | 0.56—2 | 1.23 ± 0.072 | 0.454 | 36.91 |
| | 11 | Есть | 0.80—1.7 | 1.17 ± 0.078 | 0.259 | 22.14 |
| Обеспеченность гемоглобином общей массы тела, г/кг | 39 | Нет | 1.67—7.51 | 3.6 ± 0.253 | 0.580 | 43.88 |
| | 11 | Есть | 1.94—4.66 | 3.2 ± 0.274 | 0.91 | 28.44 |
| Обеспеченность гемоглобином мягкого тела, г/кг | 39 | Нет | 1.07—18.11 | 9.2 ± 0.68 | 4.250 | 46.2 |
| | 11 | Есть | 5.6—12.31 | 8.3 ± 0.778 | 2.581 | 31.1 |
| 100 мг/л | | | | | | |
| рН гемолимфы | 35 | Нет | 3—5 | 3.9 ± 0.082 | 0.486 | 12.46 |
| | 12 | Есть | 2.5—5 | 4 ± 0.194 | 0.674 | 16.85 |
| Содержание гемоглобина, г% | 35 | Нет | 0.7—1.6 | 1.1 ± 0.038 | 0.227 | 20.64 |
| | 12 | Есть | 0.8—2 | 1.2 ± 0.122 | 0.423 | 35.25 |
| Обеспеченность гемоглобином общей массы тела, г/кг | 35 | Нет | 1.71—6.12 | 3.17 ± 0.17 | 1.02 | 32.18 |
| | 12 | Есть | 1.14—6.25 | 3.42 ± 0.424 | 1.47 | 42.98 |
| Обеспеченность гемоглобином мягкого тела, г/кг | 35 | Нет | 4.60—16 | 9.43 ± 0.584 | 3.45 | 36.59 |
| | 12 | Есть | 4.72—18.69 | 9.2 ± 1.169 | 4.046 | 43.98 |
| 200 мг/л | | | | | | |
| рН гемолимфы | 49 | Нет | 3.5—5 | 4.02 ± 0.056 | 0.39 | 9.7 |
| | 14 | Есть | 3.5—5 | 4.09 ± 0.132 | 0.437 | 10.68 |
| Содержание гемоглобина, г% | 49 | Нет | 0.7—2.4 | 1.27 ± 0.064 | 0.447 | 35.2 |
| | 14 | Есть | 1.1—2.8 | 1.12 ± 0.229 | 0.759 | 67.77 |
| Обеспеченность гемоглобином общей массы тела, г/кг | 49 | Нет | 1.46—7.03 | 3.93 ± 0.841 | 1.218 | 30.99 |
| | 14 | Есть | 2.5—12.14 | 4.58 ± 0.823 | 2.73 | 59.6 |
| Обеспеченность гемоглобином мягкого тела, г/кг | 49 | Нет | 4.56—20 | 9.41 ± 0.553 | 3.87 | 41.13 |
| | 14 | Есть | 6.86—10.33 | 8.8 ± 0.33 | 1.23 | 14.03 |
| 300 мг/л | | | | | | |
| рН гемолимфы | 50 | Нет | 2.5—5 | 4.02 ± 0.089 | 0.630 | 15.68 |
| | 14 | Есть | 2.5—5 | 3.86 ± 0.214 | 0.71 | 18.39 |
| Содержание гемоглобина, г% | 50 | Нет | 0.75—2.2 | 1.18 ± 0.064 | 0.43 | 36.44 |
| | 14 | Есть | 0.8—2 | 1.14 ± 0.126 | 0.378 | 33.16 |
| Обеспеченность гемоглобином общей массы тела, г/кг | 50 | Нет | 1.64—7.59 | 3.25 ± 0.198 | 1.33 | 40.92 |
| | 14 | Есть | 2.01—6.13 | 3.15 ± 0.421 | 1.262 | 40.06 |
| Обеспеченность гемоглобином мягкого тела, г/кг | 50 | Нет | 4.06—23.16 | 9.13 ± 0.608 | 4.08 | 44.69 |
| | 14 | Есть | 5.33—14.29 | 8.2 ± 0.927 | 2.782 | 33.93 |

В контрольной среде содержание гемоглобина в гемолимфе (табл. 2) незараженных и зараженных трематодами катушек почти одинаково (статистически достоверные отличия отсутствуют) по причине невысокой интенсивности инвазии. В затравленной среде изменения в значениях обсуждаемого гематологического показателя не зарегистрированы. Отсутствуют они и по обеспеченности гемоглобином как общей массы, так и массы мягкого тела моллюсков. Это свидетельствует о слабой токсичности Fe^{3+} для катушек, которые, несмотря на подкисление гемолимфы, способны

при этой степени ацидоза поддерживать концентрацию гемоглобина в ней на уровне нормы.

Таким образом, при 100—300 мг/л токсиканта в растворах энергетика организма этих животных не подвергается существенным изменениям, что свидетельствует об отсутствии напряжения их защитно-компенсаторных механизмов, а также об одинаковой интенсивности у них окислительных процессов и об одинаковой потребности в кислороде.

Список литературы

- Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента // Гидробиол. журн. 1981. Т. 17, № 3. С. 92—100.
- Бойченко Е. А. Эволюция соединений металлов в клетках // Журн. эвол. биохим. и физиол. 1968. Т. 4, № 3. С. 205—210.
- Виноградов Г. А., Градовский П. А., Матей В. Е. Закисление водоемов и его влияние на метаболизм у пресноводных животных // Физиол. и паразитол. пресноводн. животн. Л.: Наука, 1979. С. 3—16.
- Журавель А. А., Кадыков Б. И., Матинин А. И., Косых В. П. Патологическая физиология сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1968. 482 с.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1973. 343 с.
- Прозоровский В. Б. О выборе метода построения кривой летальности и определения средней летальной дозы // Журн. общ. биол. 1960. Т. 21, № 3. С. 221—228.
- Стадниченко А. П., Иваненко Л. Д., Бургомистренко Л. Г. Изменение физико-химических свойств гемолимфы *Planorbarius corneus* (Gastropoda, Pulmonata) при инвазии парthenитами *Cotylurus cornutus* (Trematoda, Strigeidae) // Паразитология, 1980. Т. 14, вып. 1. С. 66—70.
- Liebmann H. Handbuch der Frischwasser und Abwasser // Biologie. 1960. Bd 11, H. 1. S. 15—23.
- Житомирский государственный педагогический университет
имени Ивана Франко
- Поступила 11.11.1999

THE INFLUENCE OF FERRIC CHLORIDE (III) ON HAEMATOLOGICAL INDICES OF THE PLANORBARIUS CORNEUS (MOLLUSCA: GASTROPODA: BULINIDAE) IN NORMAL SNAILS AND ONES INFECTED WITH TREMATODE PARTHENITES

A. P. Stadnichenko, L. D. Ivanenko, G. E. Kirichuk, L. M. Yanovich

Key words: Gastropoda, *Planorbarius corneus*, ferric chloride, haematology, trematode parthenite infection.

SUMMARY

The effect of three ferric chloride concentrations (100, 200, 300 mg/l) on the acid-alkaline balance of haemolymph and haemoglobin content in *Planorbarius corneus* under normal conditions and in the case of infection with parthenites and larvae of *Echinoparichium aconiatum* was examined.

In the medium with an effective concentration of ferric chloride, all snail specimens proved to have acidified haemolymph, by 40—50 % in infected samples and 80—85 % in uninfected ones.

Statistically reliable differences in the haemoglobin content in the haemolymph of infected and uninfected specimens between the control and test media were absent, that proves a weak toxic effect of ferric ions on *P. corneus*.